

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 11 156.5

Anmeldetag: 14. März 2003

Anmelder/Inhaber: Sauer-Danfoss (Nordborg) A/S,
Nordborg/DK

Bezeichnung: Fahrzeug mit einer Anbaueinrichtung

IPC: A 01 B, E 02 F, E 01 H

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Mai 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wenner

DR.-ING. ULRICH KNOBLAUCH (bis 2001)
DR.-ING. ANDREAS KNOBLAUCH
DR.-ING. DOROTHEA KNOBLAUCH
PATENTANWÄLTE

60322 FRANKFURT/MAIN
SCHLOSSERSTRASSE 23

TELEFON: (0 69) 9 56 20 30
TELEFAX: (0 69) 56 30 02
e-mail: patente@knoblauch.f.uu.net.de

UST-ID/VAT: DE 112012149

STEUERNUMMER: 12/336/30184

DA1436

13. März 2003
AK/MH

Sauer-Danfoss (Nordborg) A/S
DK-6430 Nordborg

Fahrzeug mit einer Anbaueinrichtung

Die Erfindung betrifft ein Fahrzeug mit einer Anbauein-
richtung, die einen Hebeantrieb mit mindestens einem
hydraulischen Zylinder und eine Steuereinrichtung auf-
weist, wobei die Steuereinrichtung einen Positionssen-
5 sor und einen Positionsgeber aufweist.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Traktors
beschrieben, an dessen Ackerschiene unterschiedliche
Anbaugeräte befestigt werden können. Dabei kann es sich
10 beispielsweise um einen Pflug, eine Egge, ein Mähwerk
oder eine andere Einrichtung handeln. Die Erfindung ist
jedoch nicht auf einen Traktor als Fahrzeug beschränkt.
Auch andere Fahrzeuge können Anbaueinrichtungen aufwei-
sen, beispielsweise Straßenkehrmaschinen, Forstmaschi-
15 nen etc.

Die Anbaueinrichtung sollte im Betrieb auf eine bestimmte Position eingestellt werden, d.h. auf eine Höhe, die dem Anwendungszweck entspricht. Beispielsweise sollte ein Pflug, der an einem Traktor befestigt ist, 5 bis zu einer bestimmten Tiefe in das Erdreich eindringen. Eine zu große oder eine zu geringe Tiefe ist unerwünscht. Die eingestellte Position wird aber nicht über die gesamte Betriebsdauer des Traktors beibehalten. Beispielsweise muß der Pflug angehoben werden, wenn der 10 Traktor das Feld verläßt, um zu einem anderen Feld zu gelangen. Der Pflug muß auch angehoben werden, wenn der Traktor die Fahrtrichtung ändert, die Schollen aber in die gleiche Richtung geworfen werden sollen. Nach dem Anheben muß der Pflug wieder in die vorher eingestellte 15 Position verbracht werden.

Die Kombination aus hydraulischem Zylinder und Steuerungseinrichtung bildet einen Teil einer elektro-hydraulischen Positionssteuerung. Wenn man beim Anheben die dem 20 Zylinder zugeführte Menge der Hydraulikflüssigkeit steuert, dann kann man eine weitgehend lastunabhängige Hebebewegung realisieren. Die Geschwindigkeit des Zylinders in der Anheberichtung kann im wesentlichen proportional zu einem Steuersignal gehalten werden. Die 25 maximale Geschwindigkeit des Zylinders ist somit proportional zu einem Maximal-Sollwert des Steuersignals und die Verstärkung ist konstant und unabhängig von der Belastung.

30 Anders sieht es aus beim Absenken der Last, d.h. der Anbaueinrichtung. Die Absenkbewegung kann insbesondere bei einfach wirkenden Zylindern in der Regel nicht lastunabhängig gestaltet werden. Anbaueinrichtungen mit

einem höheren Gewicht sinken schneller ab als Anbaueinrichtungen mit einem geringeren Gewicht. Dies führt zu Varianten in der Regelverstärkung bei der Positionsregelung für wechselnde Lasten.

5

Aus US 4 846 283 ist ein Fahrzeug bekannt, bei dem die Absenkgeschwindigkeit der Anbaueinrichtung gebremst werden kann. Man kann bis zu einer gewissen Grenze ein Steuersignal und dadurch die maximale Auslenkung des Ventils justieren. Dies gilt für eine vorgegebene Last. Wenn sich die Last ändert, ist eine neue Justierung oder Einstellung erforderlich.

15 US 6 016 875 beschreibt eine Steuerung, die die Verstärkung iterativ einstellt, die proportional zur gewünschten Hebengeschwindigkeit ist. Das dort vorgestellte Verfahren basiert auf einem Überschwingen und fordert einige Iterationsschritte. Bei dieser Iteration kann der Fahrer ein unangenehmes Empfinden haben, wenn
20 sich die Beschleunigung ändert.

US 5 320 186 beschreibt ein Verfahren, um eine konstante und lastunabhängige maximale Geschwindigkeit bei der Veränderung der Position der Anbaueinrichtung zu erreichen. Dieses Verfahren verwendet eine Geschwindigkeitssteuerung, die numerisch die Position der Anbaueinrichtung differenziert, um ihre Geschwindigkeit zu ermitteln. Diese Geschwindigkeit wird mit einer Soll-Geschwindigkeit verglichen, um einen Geschwindigkeitsfehler herauszufinden, der danach einem Integrator zugeführt wird. Diese Steuerung entspricht damit weitgehend einer proportionalen Positionsfehler-Regelung mit
25
30

einer Rampenfunktion als Referenz. Die Steigung der Rampe ist die gewünschte Geschwindigkeit.

5 In einfach aufgebauten Steuerungen kann dieses Verfahren zu zu hohen Geschwindigkeiten führen. In Regelungen können Situationen auftreten, wo die Positionsregelung und die Geschwindigkeitsregelung gegeneinander arbeiten, was das Risiko beinhaltet, daß sich zu hohe Geschwindigkeiten ergeben. Darüber hinaus können zu große
10 Beschleunigen auftreten. Diese können einerseits zu Schäden führen. Andererseits können beim Anheben der Last die Vorderräder vom Untergrund abheben, was zu gefährlichen Situationen führen kann.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Positionssteuerung der Anbaueinrichtung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Fahrzeug der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die Steuereinrichtung
20 einen Bahnkurvengenerator, der in Abhängigkeit von einem Positions-Sollwert und einer Beschleunigungsgrenze eine Bahnkurve erzeugt, die im Hinblick auf eine Zeitvorgabe optimiert ist, und eine Nachlaufsteuerung aufweist, die den Hebeantrieb entsprechend der Bahnkurve
25 ansteuert.

Mit dieser Ausgestaltung erreicht man, daß die Anbaueinrichtung in die gewünschte Position bewegt werden kann, ohne daß unzulässig hohe Beschleunigungswerte
30 auftreten. Der Bahnkurvengenerator versucht dabei, die Bewegung in einem "Zeitfenster" unterzubringen, das durch die Zeitvorgabe vorgegeben ist. Üblicherweise wird der Benutzer des Fahrzeugs eine möglichst kurze

Zeit wählen. Es ist aber auch möglich, daß er bewußt eine längere Zeit vorgibt. Aus der Zeitvorgabe ergibt sich eine Geschwindigkeit, mit der die Anbaueinrichtung bewegt werden sollte. Der Bahnkurvengenerator begrenzt
5 aber nun den Geschwindigkeitsanstieg und die Geschwindigkeitsabnahme so, daß keine unzulässig hohen Beschleunigungen auftreten und damit keine unzulässig hohen Kräfte.

10 Auch ist von Vorteil, wenn der Bahnkurvengenerator auch mindestens eine Geschwindigkeitsvorgabe berücksichtigt. In diesem Fall kann man beispielsweise die Geschwindigkeit begrenzen.

15 Vorzugsweise ist die Beschleunigungsgrenze einstellbar. Der Benutzer kann dann die maximal zulässige Beschleunigung an unterschiedliche Anbaueinrichtungen anpassen. Beispielsweise können bei leichten Anbaugeräten größere Beschleunigungswerte zulässig sein als bei schwereren
20 Anbaugeräten.

Vorzugsweise ist die Zeitvorgabe einstellbar. Der Benutzer kann dann entscheiden, ob er für die Verlagerung der Anbaueinrichtung eine größere oder eine kleinere
25 Zeit in Kauf nehmen möchte. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß die Wahl der Zeitvorgabe nicht unbedingt sicherstellt, daß diese Zeitvorgabe tatsächlich erreicht wird. Grenzen werden u.a. durch die Beschleunigungsgrenze gesetzt. Unter Umständen kann man auch noch
30 Geschwindigkeitsvorgaben beachten, beispielsweise eine maximale Geschwindigkeit. In jedem Fall wird aber der Bahnkurvengenerator versuchen, sich der Zeitvorgabe so weit wie möglich anzunähern.

Bevorzugterweise weist die Steuereinrichtung eine Zufluß- und eine Abflußsteuerung für den Zylinder auf. Damit lassen sich sowohl die Anhebebewegung als auch die Absenkbewegung des Zylinders einstellen. Dies gilt
5 sowohl bei einem Zylinder, der als einfachwirkender Zylinder ausgebildet ist, als auch bei einem Zylinder, der als doppeltwirkender Zylinder ausgebildet ist.

Vorzugsweise weist die Abflußsteuerung elektronische
10 Steuermittel auf. Die Zuflußsteuerung läßt sich relativ einfach realisieren, beispielsweise über ein Druckregelventil, das den Druck über ein Steuerventil konstant hält. Da die Ablaufsteuerung insbesondere bei einem
15 einfachwirkenden Zylinder auf den Antrieb durch das Gewicht der Anbaueinrichtung angewiesen ist, läßt sich eine derartige Steuerung nicht immer realisieren. In diesem Fall kann man elektronische Steuermittel verwenden, die hier eine größere Flexibilität zulassen.

20 Hierbei ist bevorzugt, daß die Abflußsteuerung einen Durchflußmesser und einen Drucksensor aufweist. Der Begriff "Durchflußmesser" ist hier hauptsächlich funktional zu verstehen. Letztendlich kommt es darauf an, den Durchfluß zu ermitteln. Der "Durchflußmesser" kann
25 hierbei mechanisch oder elektronisch ausgebildet sein. Beispielsweise kann man auch einen Druckabfall über das Ventil messen, oder den absoluten Druck, wenn auf der anderen Seite des Ventils Tankdruck herrscht. Wenn die Öffnung des Ventils bekannt ist, beispielsweise durch
30 eine elektrische Ansteuerung des Ventils, dann "kennt" man auch den Durchfluß. Der Drucksensor weist vorzugsweise einen Signalausgang auf, dessen Signal elektro-

nisch weiterverarbeitet werden kann, beispielsweise durch einen Mikrocontroller oder einen Mikrocomputer.

Vorzugsweise weist die Steuereinrichtung eine Ventil-
5 anordnung, die den Abfluß aus dem Zylinder steuert, auf
und die Abflußsteuerung bildet ein inverses Modell der
Ventilanordnung, das Druck verwendet. Mit Hilfe dieses
inversen Modells läßt sich eine Steuerung realisieren,
die zumindest streckenweise ohne Rückkopplung auskommt.
10 Dies vereinfacht die Steuerung.

Hierbei ist bevorzugt, daß die Übertragungsfunktion der
Bahnkurve auf das inverse Modell die Einheitsfunktion
ergibt. Vereinfacht ausgedrückt, ergibt die Multiplika-
15 tion der Bahnkurve mit dem inversen Modell den Wert 1.
Die nachfolgende Regelung der Position, beispielsweise
aufgrund des Drucks, wird dann weiter vereinfacht.

In einer alternativen Ausgestaltung kann vorgesehen
20 sein, daß die Abflußsteuerung eine Schätzfunktion auf-
weist, die einen Lastdruck verwendet und in einen Re-
gelkreis eingebunden ist. In diesem Fall wird der Ab-
fluß aus dem Zylinder anhand von gemessenen Parametern,
beispielsweise Druck, geschätzt und der geschätzte Wert
25 wird mit einem Vorgabewert verglichen. Damit läßt sich
in guter Näherung ebenfalls eine Bahnkurve nachfahren.

Vorzugsweise ist die Nachlaufsteuerung adaptiv ausge-
bildet. Sie paßt sich also an, wenn Fehler auftreten.
30

Die Erfindung wird im folgenden anhand von bevorzugten
Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung
näher beschrieben. Hierin zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Steuerung einer Anbaueinrichtung,
- 5 Fig. 2 eine erste Ausführungsform einer Abflußsteuerung,
- Fig. 3 eine zweite Ausführungsform einer Abflußsteuerung,
- 10 Fig. 4 verschiedene Geschwindigkeitsverläufe,
- Fig. 5 eine erste Ausführungsform einer Nachlaufsteuerung und
- 15 Fig. 6 eine zweite Ausführungsform einer Nachlaufsteuerung.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Anbaueinrichtung 1 an einem nicht näher dargestellten Fahrzeug, beispielsweise
20 eine Ackerschnele an einem Traktor. Die Anbaueinrichtung 1 weist einen hydraulischen Zylinder 2 auf, der im vorliegenden Ausführungsbeispiel als einfachwirkender Zylinder ausgebildet ist. Es ist aber auch möglich, anstelle eines einfachwirkenden Zylinders 2 einen doppeltwirkenden Zylinder zu verwenden.
25

Der Zylinder 2 wird gesteuert durch eine Steuereinrichtung 3, die im folgenden näher erläutert werden wird. Eine Last 4 ist an der Anbaueinrichtung 1 befestigt, um
30 darzustellen, daß die Anbaueinrichtung eine entsprechende Last anheben können muß.

Bei der Last 4 kann es sich beispielsweise um einen Pflug handeln, der von einem Traktor gezogen werden muß. Dieser Pflug sollte eine bestimmte Eindringtiefe in den Erdboden haben. Diese Eindringtiefe wird dadurch erreicht, daß die Anbaueinrichtung 1 auf eine bestimmte Höhenposition, die im folgenden kurz als "Position" bezeichnet wird, eingestellt wird. Diese Position ist in Fig. 1 durch "x" wiedergegeben. Allerdings ist es nicht damit getan, diese Position einmal einzustellen. Wenn der Traktor seine Fahrtrichtung ändert und die Erdschollen durch den Pflug abwechselnd in unterschiedliche Richtungen geworfen werden müssen, oder wenn der Traktor das Feld verläßt, dann muß der Pflug angehoben werden. Nach dem Wiederaufnehmen der Tätigkeit muß der Pflug wieder in die gewünschte Position abgesenkt werden.

Hierzu weist die Steuereinrichtung 3 zunächst ein 3-Wege-3-Richtungen-Steuerventil 5 auf, das als Proportionalventil ausgebildet ist. Mit Hilfe des Steuerventils 5 ist es möglich, hydraulische Flüssigkeit entweder von einem Druckanschluß P zum Eingang A des hydraulischen Zylinders 2 fließen zu lassen, um die Last 4 anzuheben. Oder man kann mit Hilfe des Steuerventils 5 die Last 4 absenken, indem man den Eingang A des Zylinders 2 mit einem Tankausgang R1 verbindet.

Alternativ dazu kann das Steuerventil 5 auch in zwei Ventile aufgeteilt werden, wie dies beispielsweise aus US 6 058 343 bekannt ist. In diesem Fall dient ein Ventil dazu, die Last 4 anzuheben, und ein Ventil dazu, die Last 4 abzusenken. Im Falle eines doppelwirkenden Zylinders 2 kann ein Ventil verwendet werden, das vier

Wege und drei Richtungen steuert. Auch ein derartiges Ventil kann in zwei Ventiltteile oder vier Ventiltteile zum getrennten Steuern der einzelnen Funktionen aufgeteilt werden, wie dies aus US 5 960 695 bekannt ist.

5

Das hydraulische System, das den Zylinder 2 und die Steuereinrichtung 3 aufweist, weist ein pilotgesteuertes Rückschlagventil 6 auf, das in dem Fall verwendet werden kann, wo man eine Leckage vom Anschluß A vermeiden möchte, sogenannte Null-Leckage. In Fig. 1 wird hierzu dargestellt, daß ein Pilotdruck P_f über das Steuerventil 5 dem pilotgesteuerten Rückschlagventil 6 zugeführt wird. Alternativ dazu kann der Pilotdruck direkt oder über ein Magnetventil zugeführt werden. Dies hat zur Folge, daß das Rückschlagventil 6 unabhängig von der Stellung des Steuerventils 5 gesteuert werden kann. Dies kann vorteilhaft sein in Fällen einer Regelung, wo die Dynamik des pilotgesteuerten Rückschlagventils 6 eine Rolle spielt.

20

Zur Zuflußsteuerung wird ein Druckregelventil 7 verwendet, das einen konstanten Druckabfall über das Steuerventil 5 erzeugt. Damit läßt sich in weiten Grenzen ein lastunabhängiges Hebeverhalten des Zylinders 2 erreichen.

25

Für die Abflußsteuerung verwendet man einen Drucksensor 8 und einen Mikrocontroller 9. Der Drucksensor 8 erzeugt ein Ausgangssignal, das vom Mikrocontroller 9 ausgewertet werden kann. Die Druckkompensation kann auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden, beispielsweise durch eine Rückführ-Linearisierung oder mit einer Durchflußschätzfunktion und -regelung. Der Mikrocon-

30

troller 9 dient auch als Positionssensor, d.h. er ermittelt die Position "x". Dies ist schematisch durch eine Linie von "x" zum Mikrocontroller 9 dargestellt.

5 Fig. 2 zeigt das Prinzip der Rückkopplungs-Linearisierung. Der gemessene Druckabfall ΔP , d.h. die Druckdifferenz zwischen dem Anschluß A des Zylinders 2 und dem Ausgang R1, wird zu einem inversen Modell 10 des Ventils 5 zurückgeführt, was zu einem rückgekoppelten, linearisierten System führt, bei dem der Soll-Durchfluß Q_r gleich dem Durchfluß Q ist und zwar unabhängig von dem Lastdruck. k ist eine Ventilkonstante.

Fig. 3 zeigt ein Modell, das eine Schätzfunktion verwendet, um den Abfluß der Flüssigkeit aus dem Zylinder 2 zu steuern. Der abgeschätzte Durchfluß Q_{est} wird zurückgeführt und verglichen mit dem vorgegebenen Referenz-Durchfluß Q_r in einem Controller R. Dieser Durchfluß wird einfach dadurch abgeschätzt, daß man die
15 Druckdifferenz ΔP zwischen dem Anschluß A des Zylinders 2 und dem Rücklaufanschluß R1, und das Ventil-Signal U , mit einem Drosselverhalten umrechnet.

Auch in diesem Fall kann man mit guter Näherung erreichen, daß der tatsächlich aus dem Zylinder 2 abfließende Durchfluß Q gleich dem Sollwert-Durchfluß Q_r ist.

Wenn man einen doppelwirkenden Zylinder anstelle des hydraulischen Zylinders 2 verwendet und aus diesem
30 Grund die Zufluß- und die Abfluß-Steuerung trennt, wie beispielsweise bei zwei oder vier Steuerventilen, dann muß der Abfluß-Druck oder der Zufluß-Druck geregelt

werden, um zu vermeiden, daß die Last 4 wegläuft. Die Trennung ist in manchen Fällen allerdings nicht erforderlich. Wenn ein 4-Wege-3-Richtungen-Ventil (4/3-Ventil) verwendet wird, das aufgrund des Zuflusses geregelt wird (meter-in flow controlled valve), um den doppelt wirkenden Zylinder zu steuern, dann ist der Durchfluß in beide Richtungen proportional zum Steuersignal, vorausgesetzt, daß das Ventil richtig für die maximale Last ausgelegt wurde. In diesem Fall ist die Rückflußmessung (meter-out) nicht erforderlich.

Weil die Durchflußsteuereinrichtung eine lineare Funktion zwischen dem Durchfluß-Sollwert-Eingang Q_r und der Geschwindigkeit dx/dt der Last erzeugt, ist, wie dies in Fig. 4 dargestellt ist, die schnellste Bewegungszeit zwischen den Positionen x_0 und x_f die Zeit t_{min} (in Sekunden), wobei v_{max} die Maximalgeschwindigkeit bei vollständig geöffnetem Ventil 5 und einem Lastdruck ΔP ist. Wenn eine kleinere Geschwindigkeit v_{set} gewünscht ist, dann benötigt man eine Öffnungszeit t_{set} des Ventils 5, die größer ist, um dieselbe Bewegung zu erzielen.

Die dargestellten linearen Profile erfordern eine theoretisch unendlich große Beschleunigung. In der Praxis begrenzt der Druck ΔP die Beschleunigung, aber bei großen Lasten kann es trotzdem vorkommen, daß die Vorderäder den Untergrund verlassen, weil zu große Trägheitskräfte wirken.

Aus diesem Grunde führt man, wie in Fig. 4 dargestellt, eine Beschleunigungsgrenze ein. Das Beschleunigungsprofil hat ein Maximum a und ein Minimum von $-a$. Die Posi-

tion der Last 4 wird einfach dadurch gefunden, daß man zweifach das Beschleunigungsprofil integriert und die gewünschte Geschwindigkeit v_{set} einschließt, also als Integrationsgrenze verwendet. Damit erhält man eine gesteuerte Beschleunigung, die jedoch eine etwas längere Bewegungszeit t_f zur Folge hat. Das Profil ist optimal in dem Sinn, daß es die kürzeste Bewegungszeit für eine vorgegebene maximale Beschleunigung und eine maximale Geschwindigkeit bildet. Die Geschwindigkeit kann auch durch eine Zeitvorgabe ersetzt werden.

Das Geschwindigkeitsprofil läßt sich nun durch eine weitere Integration in eine Bahnkurve für die Bewegung der Last 4 bzw. der Anbaueinrichtung 1 umsetzen. Dies ist für den Fachmann ohne weiteres nachvollziehbar und daher nicht näher dargestellt.

Wenn man nun andere Beschleunigungsgrenzen wählt, dann wird sich der Geschwindigkeitsverlauf ändern. Man kann aber in jedem Fall vermeiden, daß eine maximale Beschleunigung überschritten wird.

Wenn man sowohl die Beschleunigung als auch die Geschwindigkeit überwachen möchte, dann wird der gewünschte Bahnverlauf etwas komplizierter. Aus diesem Grunde ist eine Nachlaufsteuerung sinnvoll.

Fig. 5 zeigt eine derartige Nachlaufsteuerung in einer ersten Ausführungsform. Ein Bahnkurvengenerator 11 erzeugt, wie oben beschrieben, eine Bahnkurve, d.h. die einzelnen Positionen x über der Zeit, wie dies beispielsweise in Fig. 4 dargestellt ist. Die Steuerung weist einen direkt gekoppelten Teil auf, der ein inver-

ses Modell 12 der Anbaueinrichtung 1 darstellt. Die Übertragungsfunktion von x_r (Vorgabe) auf x wird somit 1. Dies bedeutet nicht zwangsläufig, daß $x_r = x$, und auch nicht, daß sich x dem Verlauf x_r annähert. Da aber 5 das Anbausystem selbst instabil ist, wird zusätzlich eine Positionsregelung verwendet mit einem Regler C. Diesem Regler C wird die augenblickliche Position x der Last 4 zugeführt. Die Wirkung dieser Maßnahme ist, daß sich x der Vorgabe x_r annähert und daß das Regelungssystem 10 robuster gegenüber Parameter-Variationen und Störungen wird.

In einer bevorzugten Ausgestaltung wird das Modell der Anbaueinrichtung angenähert mit einer Konstanten und 15 einem Integrator und zwar so, daß das inverse Modell eine Konstante und ein Differenziator wird. Die Annäherung vereinfacht die Regelung und sie ist ausreichend genau für maßvolle Beschleunigungen. Der Regler C ist so ausgelegt, daß das Regelsystem einen vorbestimmten 20 Stabilitätsbereich hat.

Es ist zweckmäßig, zwischen der Abflußsteuerung 13, die beispielsweise in Fig. 2 oder in Fig. 3 dargestellt ist, und dem System der Anbaueinrichtung 1 einen Totband-Kompensator 14 anzuordnen, um ein Totband δb zu 25 kompensieren, das im Ventil 5 benötigt wird, um Lastföhl- und Pilotdruck-Signale passieren zu lassen. Das beschriebene System kann natürlich in beiden Richtungen verwendet werden, d.h. sowohl beim Anheben als 30 auch beim Absenken einer Last. Beim Anheben wird die Abflußsteuerung 13 keine Rolle spielen.

Ein alternatives Verfahren für eine Kombination aus Abflußsteuerung und Nachlaufsteuerung ist in Fig. 6 dargestellt. Diese Ausgestaltung enthält einen adaptiven Nachlaufregler. In diesem Fall wird eine Abflußsteuerung nicht notwendigerweise benötigt, wenn die Last
5 konstant ist oder sich nur langsam ändert. Der adaptive Regler adaptiert das inverse Modell des Systems der Anlageeinrichtung 1.

Patentansprüche

1. Fahrzeug mit einer Anbaueinrichtung, die einen Hebeantrieb mit mindestens einem hydraulischen Zylinder und eine Steuereinrichtung aufweist, wobei die Steuereinrichtung einen Positionssensor und einen Positionsgeber aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuereinrichtung (3) einen Bahnkurvengenerator (11), der in Abhängigkeit von einem Positions-Sollwert und einer Beschleunigungsgrenze eine Bahnkurve erzeugt, die im Hinblick auf eine Zeitvorgabe optimiert ist, und eine Nachlaufsteuerung aufweist, die den Hebeantrieb entsprechend der Bahnkurve ansteuert.

5

10
2. Fahrzeug nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Bahnkurvengenerator (11) auch mindestens eine Geschwindigkeitsvorgabe berücksichtigt.

15
3. Fahrzeug nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsgrenze (a) einstellbar ist.

20

4. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitverzögerung (t_{set}) einstellbar ist.
- 5 5. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung eine Zufluß- und eine Abflußsteuerung für den Zylinder (2) aufweist.
- 10 6. Fahrzeug nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflußsteuerung elektronische Steuermittel (8, 9) aufweist.
- 15 7. Fahrzeug nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflußsteuerung einen Durchflußmesser und einen Drucksensor (8) aufweist.
- 20 8. Fahrzeug nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (3) eine Ventilanordnung (5), die den Abfluß aus dem Zylinder (2) steuert, aufweist und die Abflußsteuerung ein inverses Modell der Ventilanordnung bildet, das Durchfluß und Druck verwendet.
- 25 9. Fahrzeug nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Übertragungsfunktion der Bahnkurve (x_r) auf das inverse Modell (1) die Einheitsfunktion ergibt.
- 30 10. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflußsteuerung eine Schätzfunktion aufweist, die einen Lastdruck verwendet und in einen Regelkreis eingebunden ist.

11. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachlaufsteuerung adaptiv ausgebildet ist.

Fig.4

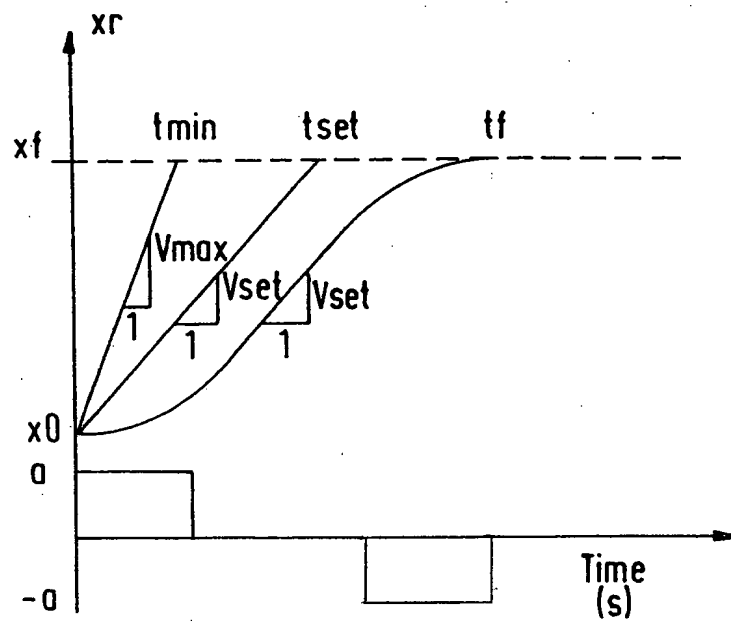


Fig.5

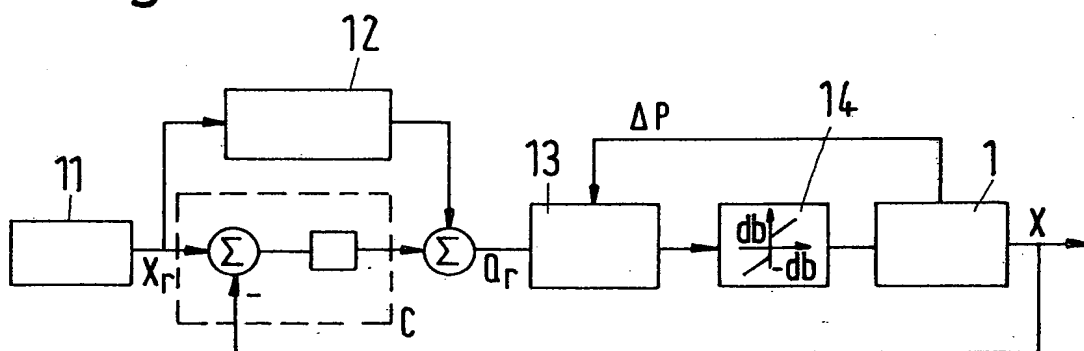
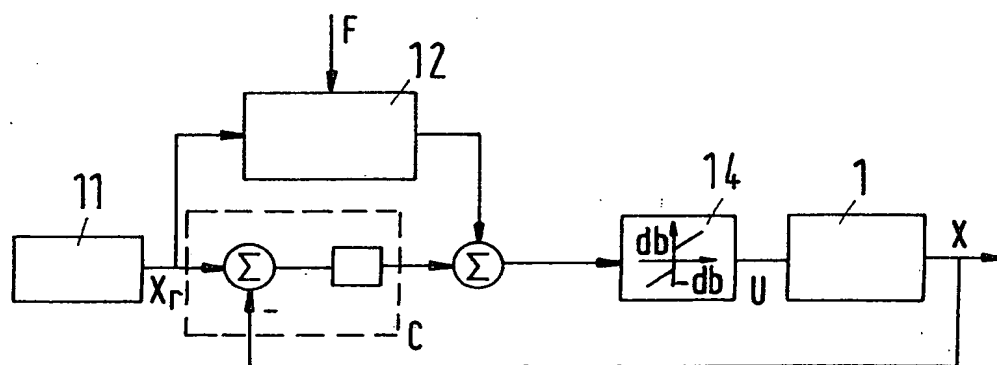


Fig.6



Zusammenfassung

Es wird ein Fahrzeug mit einer Anbaueinrichtung (1) angegeben, die einen Hebeantrieb mit mindestens einem hydraulischen Zylinder (2) und eine Steuereinrichtung (3) aufweist, wobei die Steuereinrichtung (3) einen Positionssensor (x) und einen Positionsgeber (9) aufweist.

Man möchte die Positionssteuerung der Anbaueinrichtung (1) verbessern.

Hierzu weist die Steuereinrichtung (3) einen Bahnkurvengenerator, der in Abhängigkeit von einem Positionssollwert und einer Beschleunigungsgrenze eine Bahnkurve erzeugt, die im Hinblick auf eine Zeitvorgabe optimiert ist, und eine Nachlaufsteuerung auf, die den Hebeantrieb entsprechend der Bahnkurve ansteuert.

Fig. 1

11

